Pn 260
2e ex.

MÉMOIRES
DU
MUSÉUM NATIONAL
D'HISTOIRE NATURELLE

NOUVELLE SÉRIE
Série C, Sciences de la Terre
TOME XII
FASCICULE 3

S. CAILLÈRE

COMPOSITION MINÉRALOGIQUE DES DIFFÉRENTS TYPES DE MINERAIS DE NICKEL DE LA NOUVELLE-CALÉDONIE

PARIS
ÉDITIONS DU MUSÉUM
38, rue Geoffroy-Saint-Hilaire (Ve)
—
1965

Source MNHN, Paris

Source : MNHN, Paris

In 260
2e ex

MÉMOIRES DU MUSÉUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE
Série C. Sciences de la Terre. Tome XII. Fasc. 3. — 1965.

COMPOSITION MINÉRALOGIQUE DES DIFFÉRENTS TYPES DE MINERAIS DE NICKEL DE LA NOUVELLE-CALÉDONIE

par

Simonne CAILLÈRE

M. Gall, Chef du service des Mines de la Nouvelle-Calédonie, nous a fait parvenir une importante série de minerais de nickel recueillis par M. Koch dans une vingtaine de concessions. Ces matériaux, tous produits par l'altération superficielle de roches basiques, appartiennent, d'après leur mode de gisement, à différentes catégories.

Les minerais types, ou de mines hautes, se rencontrent sur les flancs et les sommets de massifs de péridotites. De couleur jaune orangé, ils sont formés essentiellement par des harzburgites ou des dunites altérées.

Les minerais plus serpentineux, dits de mines basses, sont plus tendres et de couleur verdâtre. La zone d'altération peut atteindre, dans ces gisements, plusieurs dizaines de mètres d'épaisseur.

La teneur en nickel des minerais d'altitude est plus élevée ; c'est là que l'on rencontre, dans des diaclases, les minerais riches qui sont soit de couleur verte et sont désignés garniérites, soit de couleur brune et sont appelés nickel chocolat. Nous avons pu montrer jadis (1) que les premiers sont constitués essentiellement par de l'antigorite nickelifère (népouite), certains par du talc (4), et plus récemment, en collaboration avec M. S. Hénin, nous avons étudié un certain nombre de minerais de couleur brune (2).

Ces derniers renferment, en dehors de l'antigorite et du talc, de la montmorillonite et de la goethite.

Nous examinerons également des minerais de types exceptionnels constitués par des minerais rocheux, ainsi que des matériaux à faible teneur formés aux dépens de roches basaltiques nickélifères, trouvés à l'état d'enclaves dans les péridotites.

Tous les échantillons ont été soumis à l'analyse thermique différentielle et à l'étude thermopondérale. Ces résultats ont été complétés par l'étude à l'aide des rayons X, et, dans un grand nombre de cas, par l'analyse chimique. Enfin, chaque fois que cela a été possible, des plaques minces ont été taillées et examinées au microscope polarisant en lumière transmise.

BIBL. DU MUSEUM D'HIST. NATUR.

Source : MNHN, Paris

1. — Minerais formés aux dépens des harzburgites, dits de mines hautes

A ce groupe appartiennent cinq échantillons prélevés dans les concessions Pin-Pin, Kiel et Liliane.

Ce sont des harzburgites altérées de couleurs jaune brunâtre qui conservent encore les caractères de la roche initiale. On y reconnaît les pyroxènes épigénisés par un minéral phylliteux vert d'herbe.

*Minerais de la concession Pin-Pin, N*os 4, 5 et 7.

Les courbes thermiques différentielles de ces échantillons sont caractérisées, en dehors du crochet d'eau hygroscopique à 100°, par les deux accidents de l'antigorite : endothermique à 500°, exothermique vers 600° et par un crochet vers 280° dû à la déshydratation d'une petite quantité de goethite (courbe I, Fig. 1).

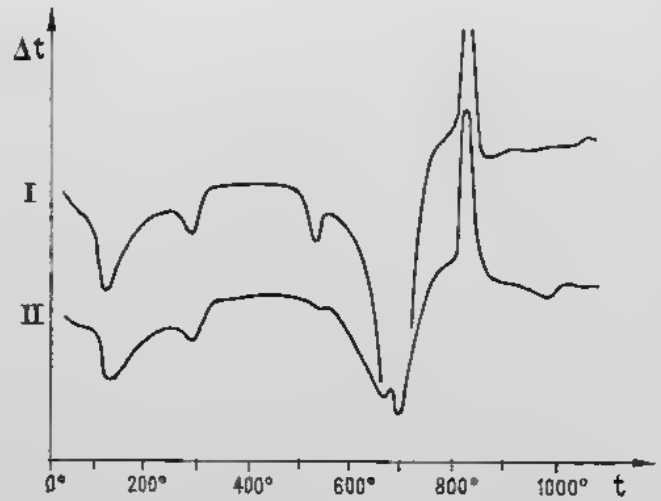

Fig. 1. — Courbes thermiques différentielles de minerais de mines hautes.
I : concession Pin-Pin N° 7 ; II : concession Kiel N° 259.

L'étude thermopondérale confirme l'analogie de ces minerais. On obtient une courbe semblable à celle du minerai N° 7 (courbe I, Fig. 2). Ces diagrammes permettent l'évaluation de la composition minéralogique en ce qui concerne les minéraux hydratés.

Échantillons	H^2O - %	Goethite %	Antigorite nickelifère %	Talc nickelifère %
N° 4	2	15	65	
N° 5	2	10	70	
N° 7	2,5	10	80	
N° 274	2	10	60	
N° 259	2	15	50	20

Source : MNHN, Paris

L'étude des diagrammes X confirme la présence des seuls constituants : antigorite et goethite.

L'interprétation des résultats de l'étude chimique, colonnes N° 5 et N° 7, tableau I, déduction faite du fer appartenant à la goethite, conduit dans le cas du minerai le plus pur, le N° 7, à admettre que le constituant principal est une antigorite peu nickélifère dont la formule structurale est la suivante :

$$(Si^{1,99}\ Al^{0,01})\ (Al^{0,29}\ Ni^{0,07}\ Mg^{2,57})\ O^7\ 2H^2O$$

Il semble que la roche contienne, en dehors de l'antigorite et de la goethite, de l'enstatite et de l'olivine en quantité sensiblement équimoléculaire.

Minerai de la concession Liliane N° 274.

L'échantillon de la concession Liliane a la même composition minéralogique que ceux de la mine Pin-Pin. Il s'agit encore d'un mélange d'antigorite et de goethite, mais ici ces deux minéraux sont associés à des proportions quelconques d'olivine et de pyroxène, ce qui rend difficile l'établissement de la formule structurale de la phyllite (colonne N° 274, tableau I).

Minerai de la concession Kiel, N° 259.

Enfin le minerai de Kiel renferme deux silicates phylliteux, l'antigorite et le talc. La présence de ce dernier est nettement mise en évidence par le crochet endothermique à 900° sur la courbe II de la Fig. 1 et sur le diagramme II de la Fig. 2.

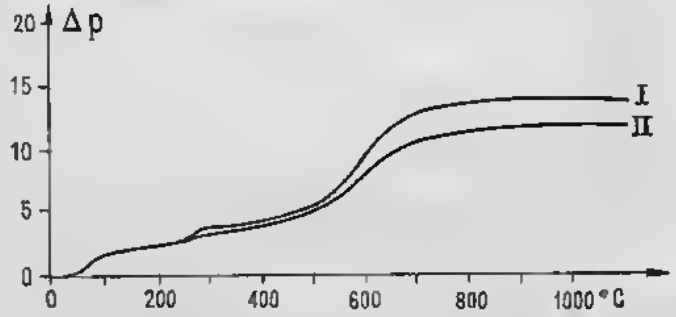

FIG. 2. — Courbes thermopondérales de minerais de mines hautes.
I : concession Pin-Pin N° 7 ; II : concession Kiel N° 259.

TABLEAU I

	N° 5	N° 7	N° 274
SiO^2	44.4	36,6	41,1
Al^2O^3	3,3	4,4	7,4
Fe^2O^3	7	10,2	9,7
NiO	2	1,8	6
CaO	3,4	0,7	5
MgO	25,8	32,4	16
$H^2O \pm$	14,7	14,4	15,3
	100,6	100,5	100,5

Source : MNHN, Paris

Il faut noter que le fer n'entre pas dans le réseau des minéraux phylliteux, antigorite et talc. Ceux-ci, essentiellement magnésiens, sont peu nickelifères. Quant au fer il se sépare en totalité à l'état de goethite.

II. — Minerais formés aux dépens de serpentine, dits de mines basses

Dans ce second groupe se classent 15 échantillons prélevés dans 9 gisements : concession Boualoudjélima, d'Artagnan, Revanche, Tiebaghi, Bonnet, Bienvenue, Sylvestre, L.P, et H.L. Ni.

Ces matériaux ne conservent plus le faciès de la roche initiale ; il semble que l'on soit en présence de masses argileuses de néoformation, présentant des couleurs variées, allant du gris vert au brun rouge foncé.

*Minerais de la concession Boualoudjélima, N*os 101, 270 et 271.

Les trois prélèvements effectués dans cette mine sont nettement des produits argileux. Deux sont essentiellement formés de montmorillonite, le troisième renferme en outre une quantité très notable d'antigorite.

Les courbes thermiques différentielles sont caractérisées par un très grand crochet de départ d'eau hygroscopique, ainsi que par un accident

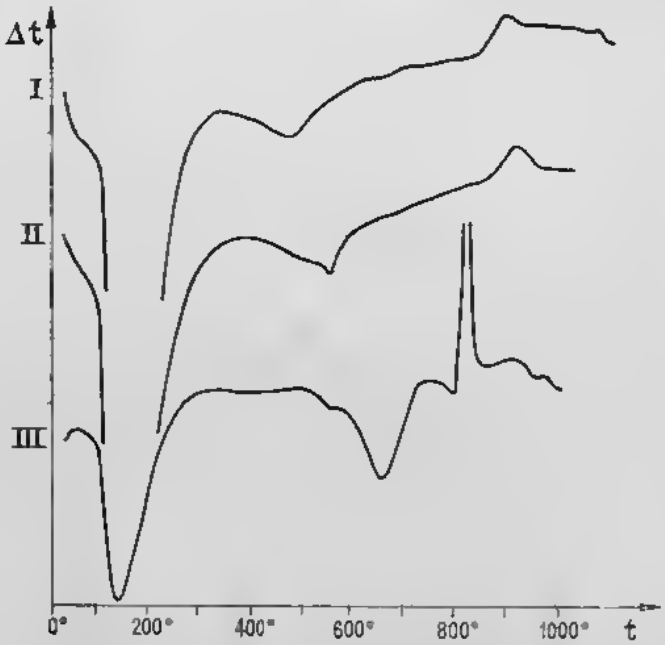

FIG. 3. — A) Courbes thermiques différentielles de minerais de mines basses. I : concession Boualoudjelima N° 101 ; II : concession Revanche R 4 ; III : concession Revanche N° 138.

Source : MNHN, Paris

peu marqué vers 450° (courbe 1, Fig. 3 A). On note en plus, sur la courbe des deux autres échantillons, la présence de l'inflexion caractérisant la goethite et, sur celle du N° 270, le crochet de l'antigorite.

La courbe thermopondérale du N° 101 (courbe I, Fig. 4) est très typique d'un minéral montmorillonitique, la teneur en eau hygroscopique étant de l'ordre de 18 % alors que la perte totale atteint 22 %.

On peut, en se basant sur les résultats de l'étude thermopondérale, indiquer la composition minéralogique approximative de ces trois échantillons :

Échantillons	Goethite %	Montmorillonite %	Antigorite %
N° 101		100	
N° 270	10	35	55
N° 271	30	65	

L'étude à l'aide des rayons X confirme la présence de ces minéraux et conduit sensiblement à la même évaluation quantitative.

Quant à l'étude chimique (tableau II), elle montre que l'on se trouve en présence de minerais ferrugineux pauvres en nickel. En admettant pour la montmorillonite une structure normale, c'est-à-dire la présence de 11 oxygènes dans la ½ maille déshydratée, on arrive, pour la phyllite du N° 101 déshydratée à la formule structurale suivante :

$$(Si^{3,39}\ Al^{0,61})\ (Fe^{1,21}_{3+}\ Al^{0,44})\ (Ni,\ Mg^{0,33})\ O^{11}\ (Ca,\ Mg)^{0,46}$$

Il s'agit d'une beidellite ferrifère ou nontronite très faiblement nickelifère.

L'interprétation de l'analyse du minéral N° 271, tableau II, déduction faite de la quantité du Fe^2O^3 nécessaire à la constitution de la goethite mise en évidence par l'étude thermopondérale, conduit à une formule du type :

$$(Si^{3,27}\ Al^{0,73})\ (Al^{1,13}\ Fg^{0,61}_{3+}\ Fe^{0,10}\ Mg^{0,11}\ Ni^{0,19})\ O^{11}\ Ca^{0,10}\ Mg^{0,63}$$

TABLEAU II

	N° 101	N° 271
SiO^6	38,2	26,7
Al^2O^3	10	13
Fe^2O^3	18,6	33,6
FeO	0,3	1
NiO	3,4	1,6
CaO	1,2	0,8
MgO	3,2	3
H^2O ±	25,7	19,8
	100,6	99,5

Source : MNHN, Paris

Minerais de la concession d'Artagnan, N^os^ 126, 127 *et* 128.

Ces échantillons rappellent ceux de la concession de Boualoudjélima, comme le montrent les courbes thermiques I et II, et de la Fig 3 A correspondant respectivement aux échantillons N^os^ 126 et 127. Ils sont essentiellement constitués de minéraux montmorillonitiques ; quant au N° 128, il est formé, pour la plus grande partie, par de la goethite associée à un hydroxyde d'alumine probablement la gibbsite (courbe III, Fig. 3 A). Il doit contenir en outre quelques unités % d'un talc nickélifère.

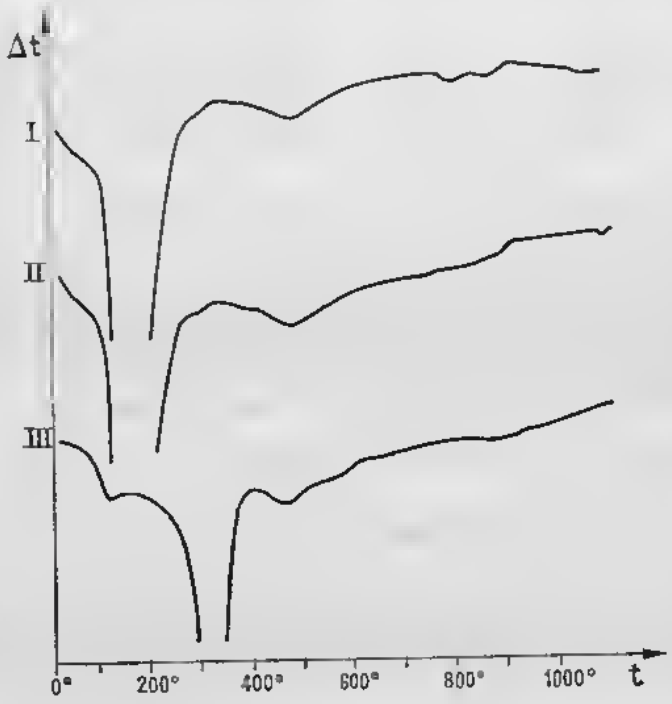

FIG. 3. — B) Courbes thermiques différentielles de minerais de mines basses. Concession d'Artagnan. I : N° 126 ; II : N° 127 ; III : N° 128.

Voici, résumés dans le tableau ci-dessous, leurs compositions minéralogiques, déduites des données de l'étude thermique et radiocristallographique :

Échantillons	Goethite %	Montmorillonite %	Talc %
—	—	—	—
N° 126		100	
N° 127		100	
N° 128	+ gibbsite 85		10

Cependant l'interprétation des analyses chimiques (tableau III) soulève quelques difficultés. En effet, dans le cas des échantillons N^os^ 126 et 127, il n'est pas possible d'arriver à une formule correcte pour le minéral mont-

Source : MNHN, Paris

morillonitique. Celui-ci ne correspond à aucun des deux types di- ou trioctaédrique, le nombre d'ions en couche octaédrique étant pour le N° 126 de 2,46, et de 2,33 pour le N° 127.

TABLEAU III

	N° 126	N° 127
SiO^2	41,5	45,6
Al^2O^3	6,5	5,7
Fe^2O^3	14	15,7
NiO	5	4,4
CuO	0,3	1
MgO	6	2,6
$H^2O \pm$	26	24,1
	99,3	99,1

Par ailleurs il faut remarquer que ces analyses mettent en évidence une quantité très notable d'eau, beaucoup plus importante que celle enregistrée par l'étude thermopondérale. L'échantillon n'est probablement pas homogène. Toutefois le constituant essentiel est encore la nontronite. Notons encore qu'il s'agit de minerais pauvres renfermant de 4,4 à 5 % de NiO.

Minerais de la concession Revanche N° 138, R 4 *et* R 6.

Ces trois produits présentent des teintes variables : le N° 138 est compact, les deux autres sont de consistance argileuse.

La courbe thermique R 4 (courbe II, Fig. 3 A) tout à fait analogue à celle de l'échantillon R 6, est celle d'un minéral montmorillonitique. Les

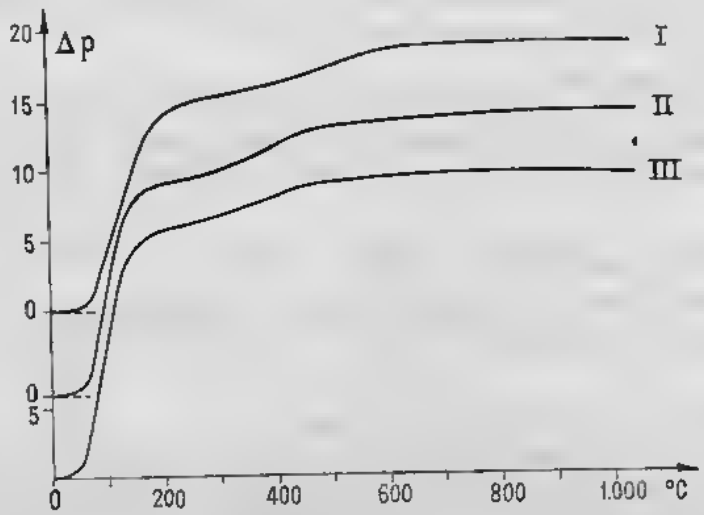

FIG. 4. — Courbes thermopondérales des minerais de mines basses.
I : concession Boualoudjelima N° 101 ; II : concession Revanche R 4 ;
III : concession Revanche R 6.

Source : MNHN, Paris

courbes thermopondérales R 4 et R 6 (courbes II, III, Fig. 4) confirment que la phyllite est bien le constituant presque exclusif de ces minerais, Quant à l'échantillon N° 138, il est beaucoup plus hétérogène (courbe III. Fig. 3 A). C'est un mélange de montmorillonite, d'antigorite et de talc.

L'ensemble des méthodes thermiques et les diagrammes X conduisent aux compositions minéralogiques suivantes :

Échantillons	Montmorillonite %	Antigorite %	Talc %
R - 4	100		
R - 6	100		
N° 138	30	50	10

En ce qui concerne l'étude chimique des échantillons R 4 et R 6, elle a donné les résultats résumés dans le tableau IV.

TABLEAU IV

	R_4	R_6
SiO^2	44,5	38
Al^2O^3	9,7	11
Fe^2O^3	12	16
NiO	4	5,5
CaO	2,4	0,6
MgO	3,5	5
$H^2O \pm$	23,5	24
	99,6	99,8

L'analyse R 4 correspond à la composition d'une nontronite nickélifère dont la formule structurale peut s'écrire :

$$(Si^{3,72}\ Al^{0,22})\ (Al^{0,76}\ Fe^{3,75}_{3+}\ Ni^{0,27}\ Mg^{0,27})\ O^{11}\ Ca^{0,12}\ Mg^{0,17}$$

Quant à l'analyse R 6 elle ne correspond pas à une phyllite normale, la couche octaédrique comportant en effet 2,55 ions.

Minerai de la concession L.P. N° 153,

Ce minerai est encore essentiellement montmorillonitique. Il s'agit d'une saponite peu nickélifère (colonne 1, tableau V).

Minerai de la concession Sylvestre N° 148.

L'étude de cet échantillon révèle la présence d'une argile montmorillonitique contenant environ 40 % de goethite. Toutefois l'interprétation minéralogique quantitative des données de l'analyse chimique est assez délicate.

Source : MNHN, Paris

TABLEAU V

	N° 153	N° 148
SiO^2	40,6	17
Al^2O^3	8,3	22
Fe^2O^3	13,4	36,8
FeO	—	0,7
NiO	3	3,1
CaO	2,3	0,6
MgO	12	2,2
H^2O ±	20,3	16,7
	99,9	99,1

Il semble qu'il y ait dans le N° 148 de la silice colloïdale associée à la phyllite.

Minerai des concessions HL Ni, *N° 86 et de Tiebaghi N° 272.*

Ces deux minerais ont une composition minéralogique voisine de celles de tous les minerais provenant de l'altération de la serpentine. Celui de Tiebaghi est une montmorillonite assez pure dont la teneur en nickel est de 7 %.

Celui de HL Ni N° 86 est une montmorillonite associée à 20 % de goethite, sa teneur en NiO est de 6 %.

Signalons enfin deux échantillons, l'un de la concession Bonnet N° 218, et l'autre de Bienvenue N° 232, qui ne paraissent pas appartenir à ce type de minerais ; ils ont une composition minéralogique aberrante. Ils sont formés essentiellementpar un mélange de goethite et d'antigorite.

N°	Goethite	Antigorite
218	80	40
232	15	80

En outre l'échantillon N° 218 renferme 30 % d'un composé inerte au chauffage qui n'a pu être mis en évidence par les techniques utilisées.

La composition minéralogique des minerais serpentineux, résumée dans le tableau suivant, montre nettement la présence du minéral montmorillonitique qui, dans 80 % des cas, est le constituant principal.

Échantillons	Montmorillonite %	Goethite %	Antigorite %	Talc %
N° 101	100			
N° 270	35	10	55	
N° 271	65	30		
N° 126	100			
N° 127	100			
N° 128		85		10
R_4	100			
R_8	100			
N° 138	30	10	50	10
N° 148	60	40		
N° 272	100			
N° 86	80	20		

Source : MNHN, Paris

III. — Minerais rocheux

Les échantillons N^{os} 79, 80, 81, 82, 83 et 84, proviennent tous de la concession HLNi, gisement 10 près de Poum, et constituent un type exceptionnel de minerai. Ce sont des harzburgites et dunites serpentinisées, de couleur vert jaunâtre. Seul l'échantillon N° 84 présente une consistance argileuse.

Parmi ces matériaux, deux sont formés par de l'antigorite presque pure, ce sont les N° 79 et 80 (courbe I, Fig. 5). Leurs courbes thermiques sont typiquement celles des antigorites, ainsi d'ailleurs que celles du N° 82 (courbe II, Fig. 5 et courbe II, Fig. 6). Toutefois le crochet endothermique se produit vers 500°, au lieu de 650°, ce qui prouve que les minéraux sont nickélifères.

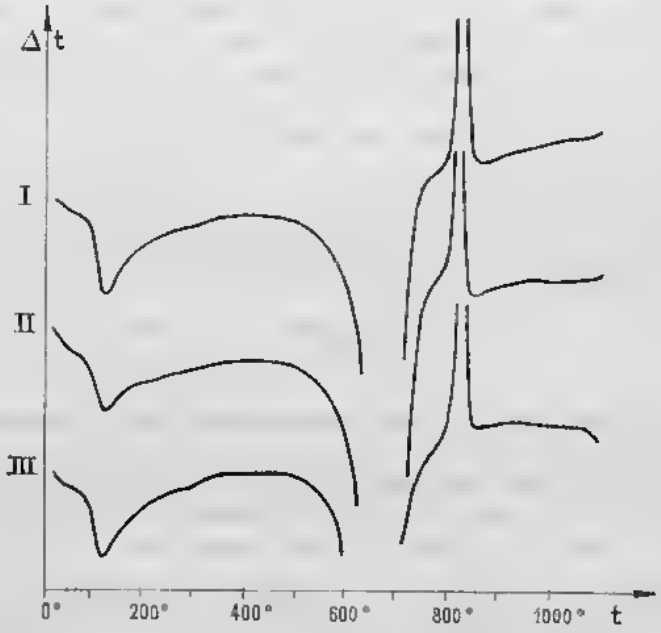

Fig. 5. — Courbes thermiques différentielles de minerais rocheux. Concession HLNi. I : N° 79 ; II : N° 82 ; III : N° 84.

L'étude thermopondérale permet de calculer, dans le cas N° 79 (courbe I, Fig. 6), 5 % de goethite et 95 % d'antigorite, tandis que le N° 80 paraît formé uniquement par le minéral phylliteux.

Ces résultats sont en accord avec les diagrammes de rayons X qui ne mettent en évidence que les raies de la phyllite à 7 Å.

L'analyse chimique de ces deux échantillons donne les résultats suivants :

Source : MNHN, Paris

TABLEAU VI

	N° 79	N° 80
SiO^2	37	32,2
Al^2O^3	2	2,9
Fe^2O^3	6	6,5
NiO	3,2	4,1
CaO	2	3,7
MgO	33	33,5
$H^2O \pm$	18,4	16,6
	99,6	99,5

Ils sont extrêmement voisins et permettent de calculer, abstractions faite du calcium, pour les minéraux phylliteux les formules structurales d'antigorite nickélifère, présentant un léger remplacement de Si par Al dans leur couche tétraédrique. Ce remplacement, faible dans le cas N° 79 :

$$(Si^{1,65}\ Al^{0,05})\ (Al^{0,07}\ Fe^{0,12}_{3+} + Ni^{0,13}\ Mg^{2,61})\ O^7$$

devient un peu plus important dans le N° 80 puisque le nombre d'ions Si y est seulement de 1,73.

Dans ce cas on a affaire non plus à une antigorite, mais à une berthiérine nickélifère (4) (5) :

$$(Si^{1,73}\ Al^{0,18}\ Fe^{0,09}_{3+})\ (Fe^{0,17}_{3+}\ Ni^{0,17}\ Mg^{2,66})\ O^7$$

Il est fort probable que ces échantillons renferment une petite quantité équimoléculaire d'enstatite et d'olivine, ce qui ne perturbe pas sensible-

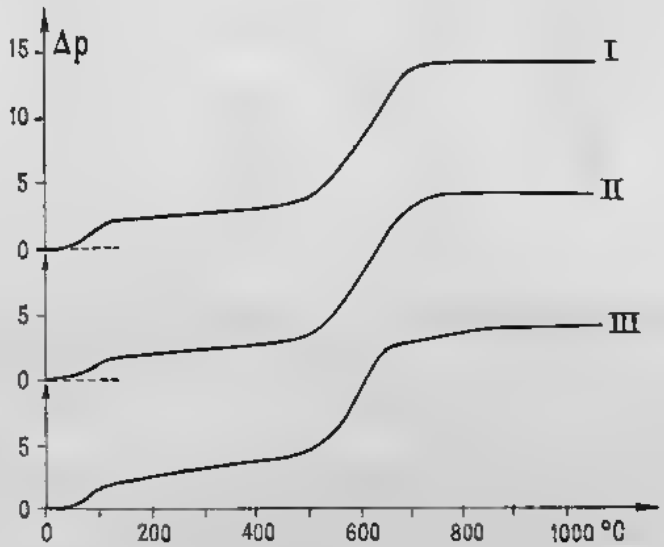

FIG. 6. — Courbes thermopondérales de minerais rocheux concession HLNi.
I : N° 79 ; II : N° 82 ; III : N° 84.

Source : MNHN, Paris

ment les calculs faits pour établir les formules structurales. Nous verrons que dans le cas de certains autres échantillons cette condition n'étant pas remplie, l'interprétation minéralogique des résultats de l'analyse chimique est rendue beaucoup plus difficile.

L'échantillon N° 84 (courbe III, Fig. 5, et diagramme III, Fig. 6) renferme, outre l'eau hygroscopique (2,5 %) 10 % de goethite, 5 % de calcite, 76 % d'antigorite nickélifère, dont la formule structurale est très voisine de celle du N° 79. Elle s'écrit :

$$(Si^{1,95}\ Al^{0,05})\ (Al^{0,23}\ Ni^{0,29}\ Mg^{2,36})\ O^{7}$$

Quant aux trois autres, leurs compositions minéralogiques sont résumées. ci-dessous ; elles sont assez voisines de celles des échantillons précédents.

Échantillons	Antigorite %	Goethite %	H^2O et divers %
N° 81	75	10	15
N° 82	80	5	15
N° 83	75	10	15

Cependant il faut signaler que pour les N°s 81 et 82, dont les analyses se trouvent dans le tableau VII avec celle du N° 84 précédemment examiné, elles n'ont pu être interprétées quantitativement.

TABLEAU VII

	N° 84	N° 81	N° 82
SiO^2	33,8	39	31,8
Al^2O^3	4,8		1,2
Fe^2O^3	8,3	10	6,5
NiO	5,7	5,8	3,5
CaO	3	4	5,7
MgO	27,3	26,5	35
$H^2O \pm$	16,8	15,5	16,1
	99,7	100,8	99,8

En résumé, les minerais rocheux sont essentiellement formés par des phyllites à 7 Å, antigorite et berthiérine nickélifère dont la teneur varie de 75 à 95 % suivant les échantillons. En outre tous renferment de 5 à 10 % de goethite. Leur composition rappelle celle des minerais du 1er groupe, mais ils sont plus cohérents.

L'antigorite initiale contient déjà le nickel qui n'a pas été concentré grâce à un remaniement superficiel. Ces minerais rocheux sont plus riches que ceux désignés harzburgite et dunites altérées.

Source : MNHN, Paris

IV. — Minerais riches

Les minerais riches, dont la teneur en nickel est de beaucoup supérieure à celle des matériaux examinés jusqu'ici, comprend les minerais verts et les minéraux brun foncés. Ils s'observent en général dans les diasclases des « mines hautes ».

1) Minerais verts

Trois spécimens appartiennent à ce groupe : N° 28, N° 36 et N° 233. Le premier constitue le remplissage d'une diaclase dans la concession Sima, près Bourail, tandis que le N° 36 est un produit pulvérulent recueilli au milieu des terres rouges de la mine Philomène ; le dernier, N° 233, forme un remplissage de diaclase dans les concessions Bienvenue et Monique 3.

Minerai de la concession Sima N° 28.

Ce minerai a une courbe thermique très typique (courbe I, Fig. 7) Elle est caractérisée, en dehors du départ de l'eau hygroscopique, par

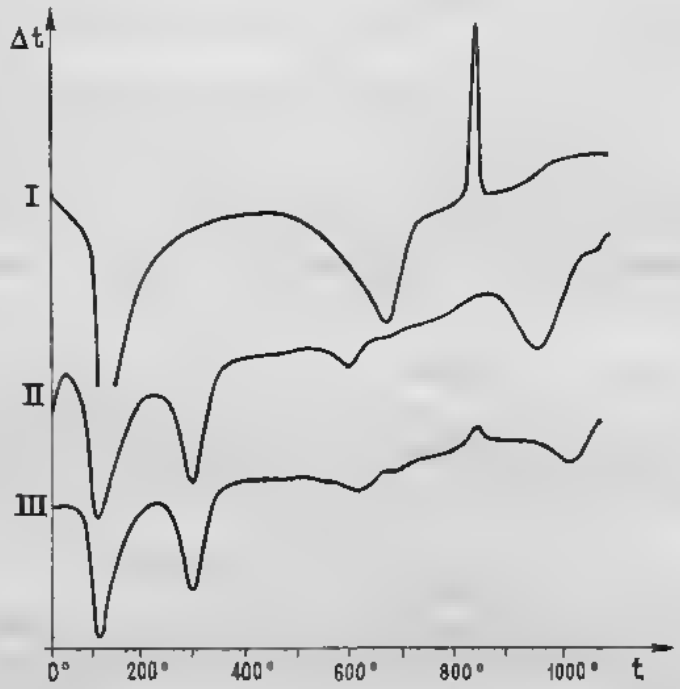

Fig. 7. — Courbes thermiques différentielles de minerais riches.
I : concession Sima N° 28 ; II : concession Lyonnaise N° 262 ;
III : concession Sans-Culotte N° 203.

Source : MNHN, Paris

les inflexions endothermiques à 500 et à 1080° et par un phénomène exothermique à 800°. Ce qui conduit à penser que l'on est en présence d'un mélange d'antigorite et de talc. L'étude thermopondérale permet d'évaluer à 35 % environ l'antigorite et à 50 % le talc. (courbe 1, Fig. 8).

Le diagramme de rayons X confirme que les constituants essentiels sont le talc et l'antigorite avec une petite quantité de montmorillonite.

L'étude chimique donne les résultats suivants :

TABLEAU VIII

	N° 28	N° 36	N° 233
SiO^2	42	31,1	44,6
Al^2O^3	0,8	4,9	2,6
Fe^2O^3	1,5	1,3	1
NiO	32,6	38,9	3,6
CaO	1,9	0,3	6,6
MgO	3,7	9,6	22,3
H^2O ±	17	13,9	19
	99,5	100,0	99,7

Il est possible, en appliquant la méthode de calcul signalée dans un travail antérieur, d'évaluer la quantité de phyllite à une couche tétraédrique, et à 2 couches de silice.

On arrive ainsi à l'interprétation suivante : 85 % de talc et 15 % d'antigorite. Interprétation différente de celle fournie par l'étude thermopondérale. On peut facilement admettre que dans le total de 85 % de phyllite à deux couches tétraédriques on ait non seulement le talc, mais aussi la montmorillonite. Toutefois la quantité d'antigorite est plus faible que celle déduite de l'étude thermopondérale.

Il est cependant certain que l'échantillon N° 28 est constitué avant tout par un talc nickélifère, associé à de l'antigorite.

Minerai de la concession Philomène N° 36.

Comme le précédent, cet échantillon est formé par un mélange de talc et d'antigorite. L'interprétation de l'analyse chimique (voir tableau VIII) conduit aux résultats suivants : 95 % d'antigorite et 5 % de talc, les deux phyllites étant essentiellement nickélifères.

Minerai de la concession Bienvenue N° 233.

Ce minerai, beaucoup moins riche que les deux autres, contient un peu de calcite et renferme un mélange de talc (15 %) d'antigorite, 70 % et 10 % de calcite.

Les trois minerais verts sont donc des mélanges de talc et d'antigorite nickélifères.

Source : MNHN, Paris

2) Minerais bruns dits minerais chocolat

Dans une publication antérieure, nous avons étudié et désigné sous le nom de nickel chocolat des échantillons d'un brun plus ou moins foncé, et nous y avons englobé des produits de mines basses, formés par de la montmorillonite, mais ces derniers sont pauvres en nickel.

Les minerais bruns vraiment riches sont caractérisés par la présence de goethite qui leur confère la couleur foncée, mais leurs constituants phylliteux sont de même nature que ceux des minerais verts. Il s'agit, comme nous allons le voir d'un mélange d'antigorite et de talc nickélifères. Le métal utile se trouve uniquement dans le réseau des silicates. Leur composition minéralogique ne diffère donc plus sensiblement de celle des minerais verts. C'est bien ce que montrent les courbes II et III de la Fig. 7, ainsi que les diagrammes thermopondéraux II et III de la Fig. 8 correspondant à deux de ces minerais provenant des concessions Lyonnaise N° 262 et Sans-Culotte N° 203 près de Thio.

En plus des accidents des silicates, on observe nettement le phénomène de déshydratation de la goethite.

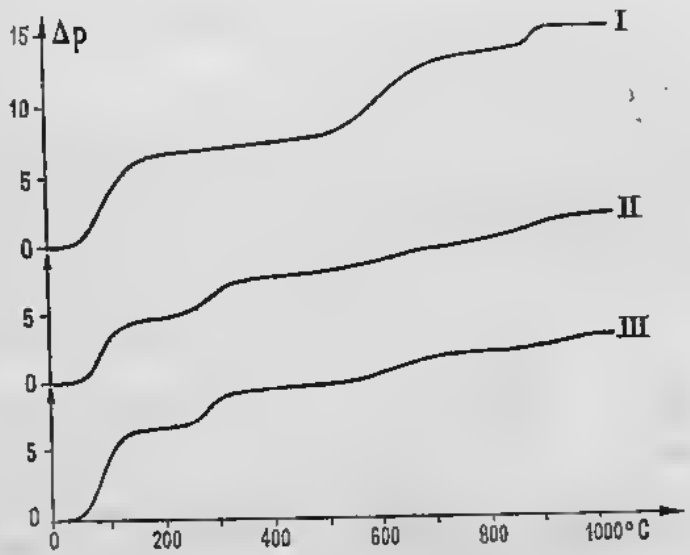

Fig. 8. — Courbes thermopondérales des minerais riches.
I : concession Sima N° 28 ; II : Concession Lyonnaise N° 262 ;
III : concession Sans-Culotte N° 203.

L'échantillon N° 262 apparaît constitué par 20 % de goethite et 80 % de talc nickélifère dont la formule structurale, déduite des données de l'analyse (voir tableau IX), est la suivante :

$$Si^{4}\ (Fe^{0,06}_{2+}\ Mg^{0,37}\ Ni^{2,35})\ O^{11}\ H^{2}O$$

Source : MNHN, Paris

Sur les trois ions que comporte la couche octaédrique complète, on compte 2,35 ions de Ni.

Le N° 203 est encore très riche en nickel, mais le minerai renferme un mélange de 50 % de talc et de 25 % d'antigorite auxquels s'ajoutent 25 % de goethite.

TABLEAU IX

	N° 262	N° 203	N° 199	N° 258
SiO^2	32	32,5	42,9	16,1
Al^2O^3	3	4,5	5	11
Fe^2O^3	20,5	15,5	2	43
FeO	1	—	—	0,4
NiO	25,5	23,5	22,5	12,5
CaO	2	2,5	4,5	0,2
MgO	2	8	10	2,3
$H^2O \pm$	13,5	13	13	14,—
	99,5	99,5	99,9	99,5

Ce tableau montre que ces minerais ont une teneur élevée en NiO. Dans l'échantillon N°258 de la concession Kiel, la goethite devient le constituant principal avec une teneur de 50 %, le talc est présent pour 25 % et la quantité d'antigorite est de 10 %.

Quant à l'échantillon N° 199 de la concession Thio, il est nettement moins riche en goethite, mais il s'agit d'une brèche, donc d'un matériau très hétérogène et moins typique, mais il renferme localement un mélange de 70 % de talc pour 30 % d'antigorite.

Nous résumons dans le tableau ci-dessous la composition des échantillons étudiés, qui montre l'importance de l'hydroxyde de fer dans ces minerais :

N°	Concession	Goethite %	Talc %	Antigorite %
262	Lyonnaise	20	80	
203	Sans Culotte	25	50	25
199	Thio		70	30
258	Kiel	50	25	10

Les phyllites, talcs et antigorites y sont presque entièrement nickélifères, ce qui explique la teneur élevée en nickel de ces minerais.

V. — Minerais basaltiques

Un dernier type reste à envisager, ce sont des matériaux formés à partir de roches basaltiques, trouvées en enclaves à l'intérieur de massifs de péridotites ; tels sont les échantillons N° 56c de la concession Philomène et 58 c provenant de Monique 3.

L'étude thermopondérale révèle qu'il s'agit de roches fortement altérées, la perte de poids étant 15,5 % avec N° 58 c et de 18 % avec N° 56 c.

Source : MNHN, Paris

Il est difficile de tenter l'interprétation minéralogique des résultats de l'analyse, car il reste une notable proportion d'éléments non transformés, mais il semble que les constituants essentiels soient la montmorillonite et l'antigorite, auxquelles s'ajoutent dans la roche de Monique 3 une certaine teneur en goethite et une petite quantité de talc.

L'examen microscopique ne peut aider d'une manière efficace au diagnostic des espèces présentes, l'ensemble des constituants étant à l'état cryptocristallin.

Nous donnons dans le tableau ci-dessous les résultats de l'analyse chimique de ces enclaves :

TABLEAU X

	N° 56 c	N° 58 c
SiO^2	31,3	32,5
Al^2O^3		6,3
Fe^2O^3	19,6	15,9
FeO		1,4
NiO	16	6
CaO	1,5	8
MgO	12	14
$H^2O \pm$	19,1	16,4
	99,5	100,5

En résumé, chaque type de minerai correspond à une composition minéralogique spéciale.

Les minerais de mines hautes sont des antigorites nickélifères formées par altération superficielle de harzburgite et de dunite.

Le nickel se concentre lors de la formation d'antigorite nickélifère par un processus d'altération superficielle rappelant les conditions de synthèse réalisées au laboratoire (3) (6).

Le fer n'entre pas dans le réseau du silicate et tend à donner de la goethite.

Ceux des mines basses sont formés par des montmorillonites ferrifères et légèrement nickélifères de types beidellite ; ce n'est qu'exceptionnellement et quand la teneur en fer devient très grande que le fer ferrique se sépare à l'état d'hydroxyde, associé d'ailleurs parfois à l'alumine.

Quant aux minerais rocheux, ce sont encore des matériaux dans lesquels la phyllite nickélifère est un minéral à 7 Å. Celui-ci est parfois non une antigorite, mais une berthiérine peu substituée.

Il semble que la concentration du nickel soit contemporaine de la formation de la serpentine à structure maillée et ne résulte pas d'un remaniement superficiel.

Quant aux minerais verts, ce sont essentiellement des antigorites nickélifères d'origine superficielle, tandis que les nickels chocolats sont formés principalement par des talcs nickélifères dus également aux actions de surface. Ces derniers ont une forte teneur en goethite qui leur confère une couleur caractéristique.

Source : MNHN, Paris

Enfin les enclaves basaltiques trouvées dans les péridotites sont de compositions complexes ; elles renferment comme constituants essentiels antigorite et montmorillonite.

D'après cette étude, il semble donc possible aux géologues et aux prospecteurs, d'après les conditions de gisement, de prévoir la forme sous laquelle se présente le métal utile.

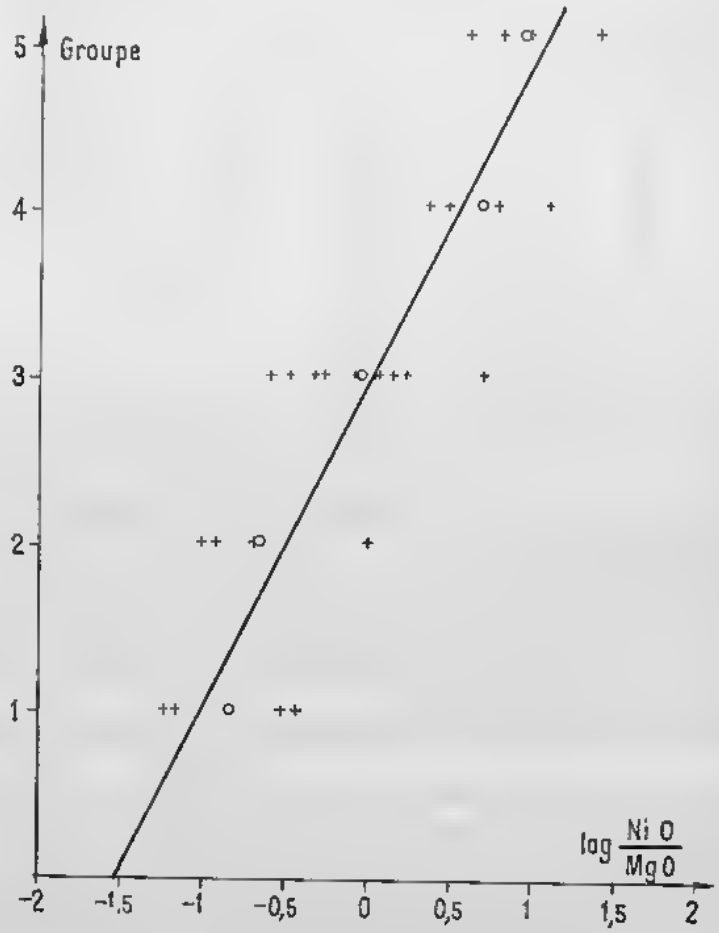

FIG. 9. — Diagramme montrant la corrélation entre la composition chimique et les différents groupes de minerais.

Nous résumerons schématiquement, ci-dessous, les résultats obtenus :

TYPES DE MINERAIS	MINÉRAL CONTENANT LE NICKEL	
De mines hautes	Antigorite	peu nickelifères
De mines basses	Beidellite	
Rocheux	Antigorite et Berthiérine	
Riches verts	Népouite ou antigorite très nickelifère	
Riches bruns	Talc très nickelifère	

Source : MNHN, Paris

Il nous a paru intéressant également de voir si une étude statistique des résultats de l'analyse chimique ne permettrait pas de faire sur le terrain une évaluation approximative de la teneur en Ni, ou tout au moins nous avons cherché s'il existait une relation entre les différents groupes de minerais et la teneur en nickel. Il nous est apparu que la donnée qui permettait le mieux de suivre les variations d'un groupe à l'autre était le rapport NiO / MgO.

Suivant la valeur croissante de ce rapport, nous avons réparti les minerais dans les cinq groupes suivants :

1) Mines hautes,
2) Minerais rocheux,
3) Mines basses,
4) Minerais verts,
5) Minerais chocolat.

Pour chaque échantillon nous donnons dans le tableau XI la désignation, le numéro du groupe, la valeur du rapport et celle de son logarithme.

TABLEAU XI

Échantillon	Groupe	NiO/MgO	Log. NiO/MgO
N° 5	1	0,07	1,15
N° 7	1	0,06	1,22
N° 219	1	0,30	0,52
N° 274	1	0,37	0,43
N° 79	2	0,96	0,01
N° 80	2	0,12	0,92
N° 81	2	0,20	0,69
N° 82	2	0,10	1
N° 84	2	0,20	0,69
N° 86	3	0,46	0,33
N° 101	3	1,06	0,02
N° 126	3	0,83	0,08
N° 127	3	1,69	0,22
N° 128	3	4,87	0,68
N° 148	3	1,4	0,14
N° 153	3	0,25	0,60
N° 271	3	0,53	0,27
N° 272	3	0,33	0,48
R - 4	3	1,4	0,05
R - 6	3	1,1	0,04
N° 190	4	2,25	0,35
N° 203	4	3	0,47
N° 258	4	6	0,77
N° 262	4	12	1,07
N° 28	5	8,8	0,94
N° 36	5	3.9	0,59
N° 233	5	0,16	0,79
L 1	5	23	1,36

Si on place sur un diagramme, en ordonnée, les différents groupes de minerais et en abcisse, les valeurs du logarithme du rapport NiO / MgO,

Source : MNHN, Paris

chaque échantillon est représenté par un point. On obtient ainsi cinq séries de points qui se groupent approximativement autour d'une droite (Fig. 9). Ce diagramme montre la corrélation existant entre la composition chimique et les conditions de formation du minerai.

En conclusion, l'étude de cette série de minerais a permis de faire des remarques intéressantes au point de vue minéralogique et géochimique. Chaque groupe est caractérisé par un minéral phylliteux d'un type déterminé. Celui-ci essentiellement magnésien, antigorite ou minéral montmorillonitique dans les minerais à faible teneur, devient uniquement nickélifère, népouite et talc dans les minerais riches. La caractéristique géochimique de ces roches est la valeur du rapport NiO / MgO qui croît des minerais de mines basses, les plus pauvres, aux nickels chocolat, les plus riches.

Signalons enfin que la concentration de nickel est due dans l'ensemble à des phénomènes d'altération superficielle réalisant la mise en solution des éléments silice, magnésie et nickel. Alors que le magnésium, plus soluble, est entraîné, le nickel se concentre dans les minéraux de néoformation. Ceux-ci se rencontrent remarquablement purs dans les diaclases des mines hautes sous la forme de produits verts et de nickels chocolat.

Un cas intéressant à signaler est celui des minerais rocheux, dans lesquels la concentration du nickel semble due à un autre processus contemporain des phénomènes de serpentinisation.

BIBLIOGRAPHIE

1. Caillère (S.). — *Bull. Soc. Fr. Min.*, t. 59, 1936, p. 163-352.
2. Caillère (S.) et Hénin (S.). — C.R. Journée d'études des Argiles, Bruxelles, juillet 1958, *in : Silicates Industriels*, juin 1960.
3. Caillère (S.) et Hénin (S). — C.R. Journées du COBEA, Bruxelles, 1947. Verres et Silicates, t. 13, 1948, p. 114-118.
4. Caillère (S.), Hénin (S.) et Esquevin (J.). — *Bull. Groupe français des Argiles*, t. VII, 1956, p. 21-29.
5. Caillère (S.), Hénin (S.) et Esquevin (J.). — *Clay Min. Bull*, vol. 3, n° 19, 1958, p. 232-237.
6. Caillère (S.), Hénin (S.) et Esquevin (J.). — *Bull. Soc. Fr. Min.*, t. 79, 1956, p. 408-420.

Printed in France. Achevé d'imprimer le 17 Juillet 1965.

Pierre André, Imp., 244 boulevard Raspail, Paris 14e.
Dépôt légal : 3e trimestre 1965.

BIBL. DU MUSEUM D'HIST. NATUR.

Source : MNHN, Paris